

Sumario

SUMARIO	1
A. BATERÍAS	3
A.1. Baterías de Plomo-Ácido	3
A.1.1. Tipos de batería Plomo-Ácido	3
A.1.2. Características técnicas	5
A.1.3. Vida Útil	5
A.1.4. Operación y mantenimiento	5
A.1.5. Seguridad y amenazas medioambientales	6
A.1.6. Conclusiones	6
A.2. Baterías de Níquel-Cadmio y otras baterías de electrodo de Níquel	7
A.2.1. Tipos de batería de electrodo de Níquel	7
A.2.2. Características técnicas	9
A.2.3. Vida útil	10
A.2.4. Operación y mantenimiento	10
A.2.5. Seguridad y amenazas medioambientales	10
A.2.6. Conclusiones	11
A.3. Baterías de Sulfuro de Sodio (NAS)	14
A.3.1. Diseño de las celdas NAS	14
A.3.2. Módulos de baterías NAS	15
A.3.3. Características técnicas	16
A.3.4. Conclusiones	16
A.4. Baterías de Ión de Litio	17
A.4.1. Tipos de batería Ión de Litio	17
A.4.2. Características técnicas	17
A.4.3. Vida Útil	18
A.4.4. Características de carga	18
A.4.5. Conclusiones	18
A.5. Baterías de flujo Zinc-Bromo	20
A.5.1. Características técnicas	20
A.5.2. Vida Útil	20
A.5.3. Construcción de la batería	20
A.5.4. Conclusiones	21
A.6. Baterías redox de Vanadio	22
A.6.1. Características técnicas	22
A.6.2. Vida Útil	22
A.6.3. Construcción de la batería	22



A.6.4. Conclusiones	23
A.7. Tabla comparativa de baterías	24
B. SIMULACIÓN EN PSS/E	25
B.1. Modelado de transformadores	25
B.2. Simulación	29
B.2.1. Datos de salida de la simulación	32



A. Baterías

En este apartado se describen los tipos de baterías considerados como candidatos para el módulo de alisamiento. En él se contemplan las principales características de cada uno de los tipos.

A.1. Baterías de Plomo-Ácido

Durante más de un siglo, las baterías de plomo-ácido han sido las más utilizadas y las comercialmente más exitosas debido a ser un tipo de batería maduro, de bajo coste y de rápida disponibilidad.

A.1.1. Tipos de batería Plomo-Ácido

Se encuentran 2 grupos principales de baterías Plomo-Ácido:

- De electrolito inundado o ventiladas (VLA) donde los electrodos se encuentran sumergidos en exceso de electrolito líquido.
- Selladas o reguladas por válvula (VRLA), donde el electrolito se encuentra inmovilizado en un separador absorbente o en un gel.

Baterías de Plomo-Ácido ventiladas (**VLA**, *Vented Lead-Acid*)

Este tipo de baterías es el tradicional y el que continúa formando el grueso del mercado.

Puede ser desglosado en 3 categorías:

- Arranque, iluminación y encendido (**SLI**, *Starting, Lighting and Ignition Batteries*): Frecuentes en el mundo de la automoción. Económicas. Proveen un buen nivel de corriente a bajo coste. Ciclo de vida corto.
- De ciclo profundo o de tracción: diseñadas para aplicaciones donde tengan lugar descargas profundas.
- Estacionarias: generalmente se utilizan para suministrar energía en operaciones de control, así como proveer de energía de emergencia en subestaciones y sistemas de telecomunicaciones. Larga vida útil. Bajo mantenimiento



Baterías de Plomo-Ácido reguladas por válvula (**VRLA**, *Valve Regulated Lead-Acid*)

Estas baterías se encuentran parcialmente selladas para evitar la evaporación del electrolito.

En comparación con las baterías **VLA**, presentan un ciclo de vida más corto, elevadas temperaturas y intolerancia al abuso.

Se presenta en dos grupos mayoritarios, dependiendo de como se inmoviliza el electrolito:

- *Absorbed Glass Mat (AGM) VRLA*, donde el electrolito se mantiene por un separador poroso absorbente, generalmente fabricado en fibra de vidrio.
- *Gelled electrolyte VRLA*, donde se añade un agente gelificante al electrolito líquido a fin de que este adopte la consistencia de gel.



A.1.2. Características técnicas

A continuación se presentan los valores típicos de los distintos tipos de celda de plomo-ácido considerados:

Tipo celda	SLI	Ciclo profundo	Estacionaria
Tensión nominal (V_{DC})	2	2	2
Tensión en circuito abierto (V_{DC})	1.90 ~ 2.15	1.90 ~ 2.15	1.90 ~ 2.15
Tensión final de la carga (V_{DC})	2.5	2.5	2.5
Tensión final de la descarga (V_{DC})	1.75	1.75	1.75
Eficiencia (DC-a-DC)	75% ~ 85%	75% ~ 85%	75% ~ 85%
Temperatura de trabajo ($^{\circ}C$)	-40 ~ 55	-20 ~ 40	-10 ~ 40
Energía específica (Wh/kg)	35	25	10 ~ 20
Densidad de energía (Wh/L)	70	80	50 ~ 70
Densidad de potencia	Alta	Moderadamente alta	Moderadamente alta

Tabla A.1 Características técnicas de las baterías de Plomo-Ácido

A.1.3. Vida Útil

Batería	Expectativa de vida [años]	Expectativa de vida [ciclos]
SLI	5 – 7	200 – 700
De ciclo profundo	3 – 5	1500
Estacionarias	15 – 30	-
VRLA	5 – 10	250 – 500

Tabla A.2 Vida útil de las baterías de Plomo-Ácido

A.1.4. Operación y mantenimiento

Carga Flotante: se aplica una tensión constante en los terminales de una batería cargada completamente para producir una pequeña corriente de carga, usada para contrarrestar los efectos de la autodescarga.

Carga de equalización: las celdas de una batería experimentan diferentes condiciones ambientales, por lo que tienden a diferentes estados de carga a medida que se suceden los ciclos de la batería.



A.1.5. Seguridad y amenazas medioambientales

Este tipo de baterías deben ser depositadas en contenedores especiales para ser recicladas adecuadamente debido a la toxicidad que presentan al contener plomo.

A.1.6. Conclusiones

Ventajas

Bajo coste

Tecnología conocida

Rápida disponibilidad (cantidades, tamaños y diseños)

Comportamiento moderadamente bueno a bajas y altas temperaturas

Celdas de voltaje elevado (en comparación con otro tipo de celdas)

Componentes fácilmente reciclables

Desventajas

Energía específica baja

Potencia específica baja

Ciclo de vida relativamente corto

Mantenimiento elevado

Amenaza medioambiental (plomo y ácido sulfúrico)



A.2. Baterías de Níquel-Cadmio y otras baterías de electrodo de Níquel

La tecnología basada en electrodos de níquel proporciona almacenamiento de energía en diversos campos de aplicación. Una de sus mayores virtudes es su durabilidad, ofreciendo así un buen ciclo de vida útil en comparación con otras tecnologías conocidas.

A.2.1. Tipos de batería de electrodo de Níquel

En la actualidad, los tipos de baterías basadas en electrodo de níquel más comunes y con potencial para aplicaciones de almacenamiento a gran escala son los siguientes:

- Níquel-Hierro (NiFe)
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd)
- Níquel-Hidrógeno (NiH₂)
- Níquel-Hidruro metálico (NiMH)
- Níquel-Zinc (NiZn)



A.2.2. Características técnicas

Tipo celda	NiCd Vented Pocket Plate	NiCd Vented Sintered Plate	NiCd sealed	NiFe	NiZn	NiH ₂	NiMH
Tensión nominal (V _{oc})	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,2
Tensión en circuito abierto (V _{oc})	1,29	1,29	1,29	1,37	1,73	1,32	1,4
Tensión final de la carga (V _{oc})	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,5
Tensión final de la descarga (V _{oc})	1	1	1	1,75	1,2	1	1
Eficiencia (DC-a-DC)	60% ~ 70%	60% ~ 70%	60% ~ 70%	65% ~ 85%	65% ~ 85%	65% ~ 85%	65% ~ 85%
Temperatura de trabajo (°C)	-20 ~ 45	-40 ~ 50	-40 ~ 45	-10 ~ 45	-10 ~ 50	0 ~ 50	-20 ~ 50
Energía específica (Wh/kg)	20	30 ~ 37	35	30	50 ~ 60	64	75
Densidad de energía (Wh/L)	40	58 ~ 96	100	55	80 ~ 120	105	240
Densidad de potencia	Alta	Alta	Moderada a alta	Moderada a baja	Alta	Moderada	Moderada a alta
Tasa de autodescarga (% por mes)	5	10	15 ~ 20	20 ~ 40	<20	Muy alta excp. a alta T ^a	15 ~ 25

Tabla A.3 Características técnicas de las baterías de electrodo de Níquel



A.2.3. Vida útil

Batería	Expectativa de vida [años]	Expectativa de vida [ciclos]
NiCd Ventilada "Pocket Plate"	8 – 25	500 – 2000
NiCd Ventilada "Sintered Plate"	3 – 10	500 – 2000
NiCd Sellada	2 – 5	300 – 700
NiFe	8 – 25	2000 – 4000
NiZn	-	500
NiH ₂	-	1500 – 6000
Ni-MH	2 – 5	300 – 600

Tabla A.4 Vida útil de las baterías de electrodo de Níquel

A.2.4. Operación y mantenimiento

Carga Flotante: se aplica una tensión constante en los terminales de una batería cargada completamente para producir una pequeña corriente de carga, usada para contrarrestar los efectos de la autodescarga.

Reacondicionamiento: la batería es descargada en su totalidad y vuelta a cargar para mitigar los efectos de la degradación reversible.

Reposición de agua: es necesario añadir agua destilada a cada celda individual para compensar las pérdidas debidas a la evaporación y la electrólisis.

A.2.5. Seguridad y amenazas medioambientales

Debe tenerse en cuenta la producción de hidrógeno y oxígeno durante la carga y descarga de las baterías por efecto de la electrólisis.

Particularmente, las baterías de NiCd son las más peligrosas debido a la alta toxicidad del cadmio. Este debe ser recogido en lugares especiales, para así poder ser reciclado para la fabricación de nuevas baterías.



A.2.6. Conclusiones

Baterías de Níquel Hierro

Diseñadas para sustituir a las baterías de Plomo-Ácido.

Ventajas

Extrema durabilidad

Relativa tolerancia al abuso físico y operacional:

- Sobrecarga
- Exceso de descarga
- Cortocircuitos
- Circuito abierto durante largos periodos

Desventajas

Alta variabilidad con la temperatura

Retención de carga pobre

Baja densidad de potencia

Baterías de Níquel-Cadmio

Actualmente son las baterías de electrodo de níquel más utilizadas en el sector industrial.

Ventajas

Relativa tolerancia al abuso físico y operacional (en menor medida que NiFe):

- Sobrecarga
- Exceso de descarga
- Cortocircuitos
- Circuito abierto durante largos periodos

Relativamente económicas

Buena densidad de energía

Excelentes capacidades de suministro de potencia



Desventajas

Amenaza medioambiental (Cadmio, altamente tóxico)

Efecto memoria

Baterías de Níquel-Hidrógeno

Uso prácticamente exclusivo en aplicaciones aeroespaciales.

Ventajas

Ciclo de vida extremadamente largo

Bajo mantenimiento

Alta fiabilidad

Desventajas

Elevado coste

Baterías de Níquel-Hidruro metálico

Ventajas

Buena densidad de energía (mayor que equivalente en NiCd)

Ciclo de vida mejorado

Desventajas

Coste elevado

Menor tolerancia al abuso (que equivalente en NiCd):

- Sensibles a sobrecargas
- Sensibles a descargas completas

Dificultad de fabricación

Baterías de Níquel-Zinc

Se considera la tecnología menos madura de las baterías de electrodo de níquel.

Ventajas

Densidad de energía ligeramente mayor (que equivalente en NiCd)

Coste (menor que equivalente en NiCd, mayor que equivalente en Plomo-Ácido)



Desventajas

Ciclo de vida pobre (en comparación con equivalente en NiCd)

Idiosincrasias de los electrodos de níquel y zinc



A.3. Baterías de Sulfuro de Sodio (NAS)

Fue durante los años 60 cuando se descubrió el potencial de este tipo de baterías debido a sus buenas características en términos de densidad de energía / potencia, eficiencia, coste de los materiales y expectativa de vida.

Actualmente, la compañía japonesa NGK es la única que comercializa con este tipo de baterías.

A.3.1. Diseño de las celdas NAS

En el diseño de las celdas NAS desarrolladas por NGK, el electrodo negativo de sodio se encuentra en el centro rodeado del electrolito sólido de beta-alúmina (*BASE, beta-alumina solid electrolyte*), que a la vez se encuentra rodeado del electrodo positivo de sulfuro.

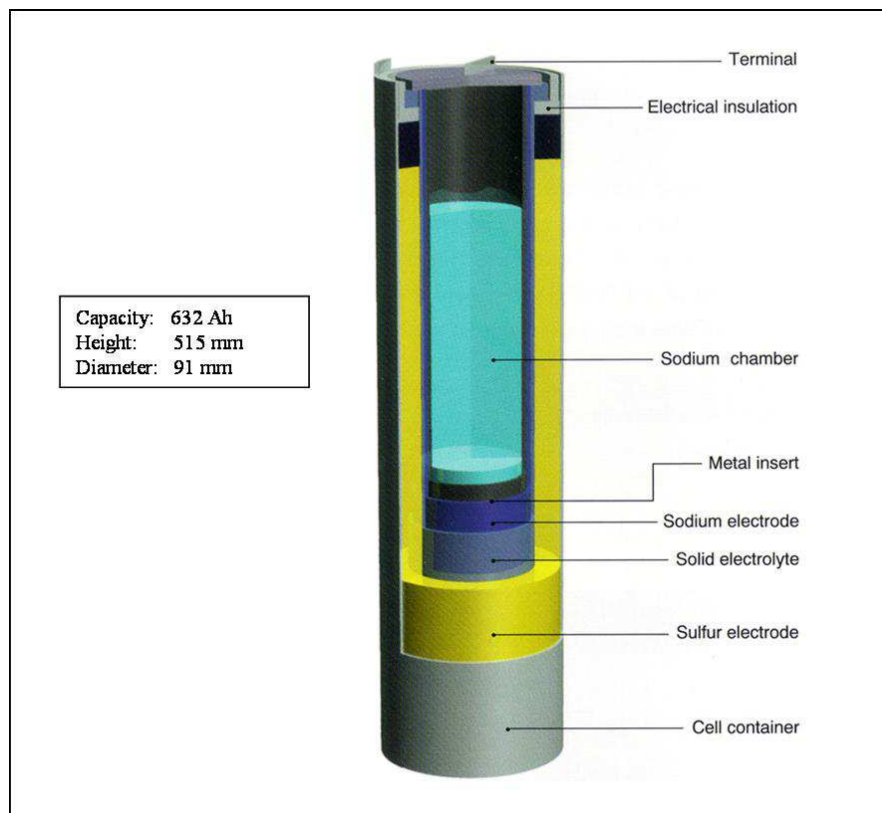


Figura A.1 NAS Battery Cell (Cortesía NGK)



A.3.2. Módulos de baterías NAS

A su vez, la compañía NGK ha diseñado las celdas NAS T5 para su uso en los siguientes módulos comerciales de baterías:

- Módulo NAS PS (Peak Shaving): diseñado para descargas de larga duración y caídas de tensión pequeñas. Cada módulo contiene entre 320 y 384 celdas dispuestas de forma de matrices de 8 celdas, suministrando así una tensión de salida del módulo de 64 a 128 V_{DC}.
- Módulo NAS PQ (Power Quality): diseñado para suministro de potencia pulsante. Las 320 celdas que componen el módulo están conectadas en serie, permitiendo una tensión de salida de 640 V_{DC}.

Cada módulo además incluye un calentador eléctrico para mantener una temperatura mínima de 290 °C en función de la aplicación.

A continuación se muestra un módulo NAS PS, más adecuado a los objetivos del proyecto, donde pueden diferenciarse las celdas en su interior.

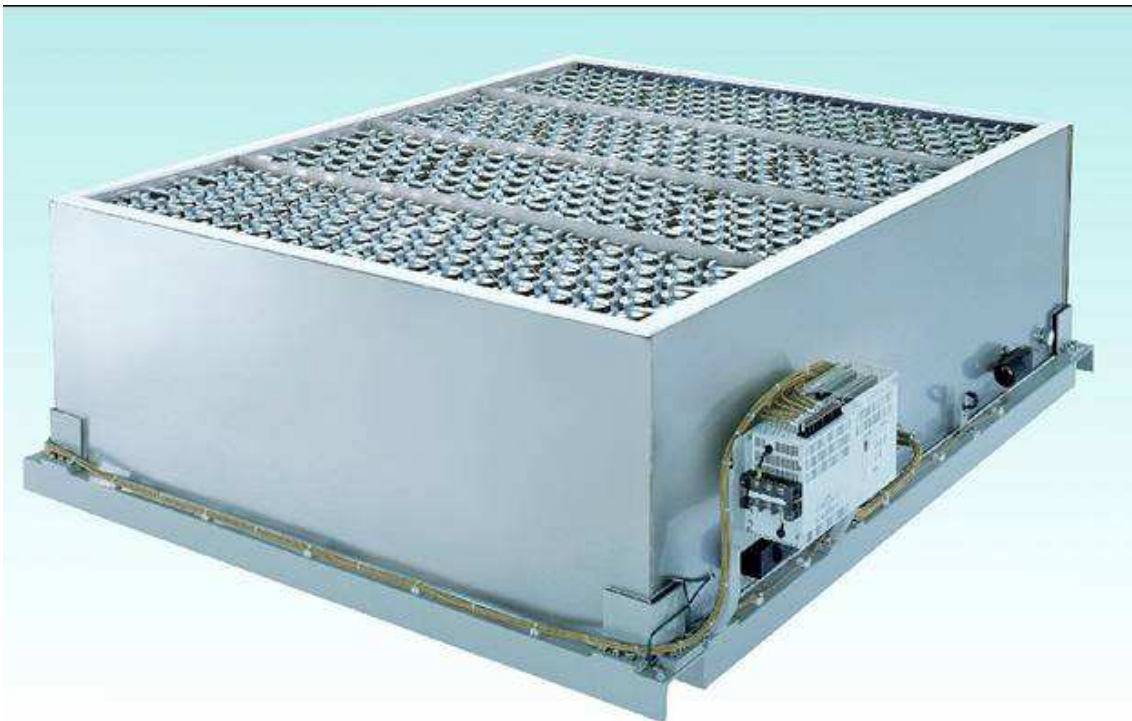


Figura A.2 NAS PS Module (Cortesía NGK)



A.3.3. Características técnicas

Tensión nominal (V_{DC}): 2

Tensión en circuito abierto (V_{DC}): 2.08

Eficiencia: ~ 89%

Energía específica (Wh/kg): 170

Densidad de energía (Wh/L): 345

Temperatura de trabajo ($^{\circ}C$): 300 ~ 350

Altura: 515 mm

Diámetro: 91 mm

Peso: 5.5 kg



Figura A.3 Celda NAS

Cabe destacar que la vida útil de este tipo de celdas viene ligada a la profundidad de descarga a la que es sometida la batería.

A.3.4. Conclusiones

Ventajas

Larga vida útil

Baja tasa de autodescarga

Alta energía específica y densidad de energía

No presenta efecto “memoria”

Desventajas

Alta eficiencia

Muy elevada temperatura de trabajo

Elevado coste



A.4. Baterías de Ión de Litio

Este tipo de baterías están formadas por celdas que utilizan compuestos con inserciones de litio como electrodos positivo y negativo. Durante las cargas y recargas de la batería, los iones de litio Li^+ circulan entre los electrodos.

A día de hoy, representan uno de los tipos más comunes en el mundo de la electrónica portátil debido a sus características.

A.4.1. Tipos de batería Ión de Litio

Comercialmente, el material más utilizado para el cátodo es el grafito.

Para el ánodo se suele utilizar uno de estos 3 materiales: óxido de litio cobalto, fosfato de litio cobalto u óxido de litio manganeso.

Dependiendo del material compuesto utilizado para los electrodos, los parámetros de la celda pueden variar notablemente. A continuación se presenta una tabla con los valores típicos en conceptos de tensión y capacidad específica según el material utilizado en el ánodo:

Material Cátodo	Tensión media	Capacidad específica
LiCoO_2	3.7 V	140 mAh/g
LiMn_2O_4	4.0 V	100 mAh/g
LiFePO_4	3.3 V	150 mAh/g
$\text{Li}_2\text{FePO}_4\text{F}$	3.6 V	115 mAh/g

Tabla A.5 Tensión y capacidad específica en función del material del cátodo

A.4.2. Características técnicas

Debido a su uso más extendido, los valores siguientes corresponden a las baterías de Ión de Litio con ánodo de LiCoO_2 y cátodo de grafito.

Tensión nominal (V_{DC}): 3.7

Tensión en circuito abierto (V_{DC}): 4.1

Eficiencia: ~ 89%

Energía específica (Wh/kg): 150

Densidad de energía (Wh/L): 400



Densidad de potencia: Moderada; alta en diseños prismáticos

Tasa de autodescarga (% por mes): 2

Temperatura de trabajo (°C): -20 ~ 50

A.4.3. Vida Útil

La expectativa de vida de las baterías de ión de litio, como en otros tipos de baterías, varía dependiendo de la profundidad de las descargas (DOD) a la que estas son sometidas.

DOD del 100% → ~ 3000 ciclos de carga-descarga

DOD entre 20% y 40% → > 20000 ciclos de carga-descarga

A.4.4. Características de carga

Debido a los posibles riesgos de explosión, la degradación que se produce al sobrecargar las celdas y los daños irreversibles al descargar la celda por debajo de un cierto límite, es necesario el uso de un circuito de protección y gestión de la carga.

Generalmente, este circuito establece unos límites superior e inferior entre los cuales la batería puede ser cargada y descargada sin problemas. En caso contrario, el circuito de protección se encarga de la desconexión de la batería.

La carga de las baterías de ión de litio se distribuye en 3 fases

- Fase 1: se aplica una corriente constante límite hasta alcanzar la voltaje límite de la celda.
- Fase 2: se aplica el voltaje límite de la celda hasta que la corriente desciende por debajo del 3% de la corriente nominal de la fase 1.
- Fase 3: periódicamente, se recomienda realizar una carga completa cada 500 horas.

A.4.5. Conclusiones

Ventajas

Selladas, no requieren mantenimiento

Larga vida útil

Amplio rango de temperatura de trabajo

Baja tasa de autodescarga

Capacidad de carga rápida

Alta energía específica y densidad de energía

No presenta efecto "memoria"



Desventajas

Coste inicial moderado

Necesidad de un circuito de protección

Degradación a altas temperaturas

Pérdida de capacidad cuando sobrecarga

Daños irreversibles en descargas bajo un límite



A.5. Baterías de flujo Zinc-Bromo

Las baterías de Zinc-Bromo basan su atractivo tecnológico en su versatilidad a la hora de ser utilizadas tanto en sistemas de almacenamiento en redes como en vehículos gracias a la alta densidad de energía que proporcionan.

Forman parte del grupo de baterías de flujo, en las cuales existen dos electrolitos que se almacenan en tanques y son bombeados hacia la celda donde tiene lugar la reacción.

A pesar de ser un tipo de batería desarrollado, se encuentra en un estado poco maduro en comparación con otros tipos.

A.5.1. Características técnicas

Tensión nominal (V_{DC}): 1.8

Tensión en circuito abierto (V_{DC}): 2

Tensión final de la carga (V_{DC}): 2

Tensión final de la descarga (V_{DC}): 0.5 ~ 1

Eficiencia (DC-a-DC): 70 ~ 80

Temperatura de trabajo ($^{\circ}C$): 10 ~ 50

Energía específica (Wh/kg): 65 ~ 75

Densidad de energía (Wh/L): 60 ~ 70

Densidad de potencia: Moderada

Tasa de autodescarga (% por mes): 12 ~ 15

A.5.2. Vida Útil

Actualmente, debido al desarrollo de electrodos de carbón y otros componentes, la vida útil de este tipo de baterías se ha visto incrementada notablemente.

DOD del 100% → >2000 ciclos de carga-descarga

A.5.3. Construcción de la batería

Este tipo de baterías está compuesto por los siguientes subsistemas:

- Células apiladas
- Contenedores de electrolitos
- Sistemas de circulación y bombeo de electrolitos



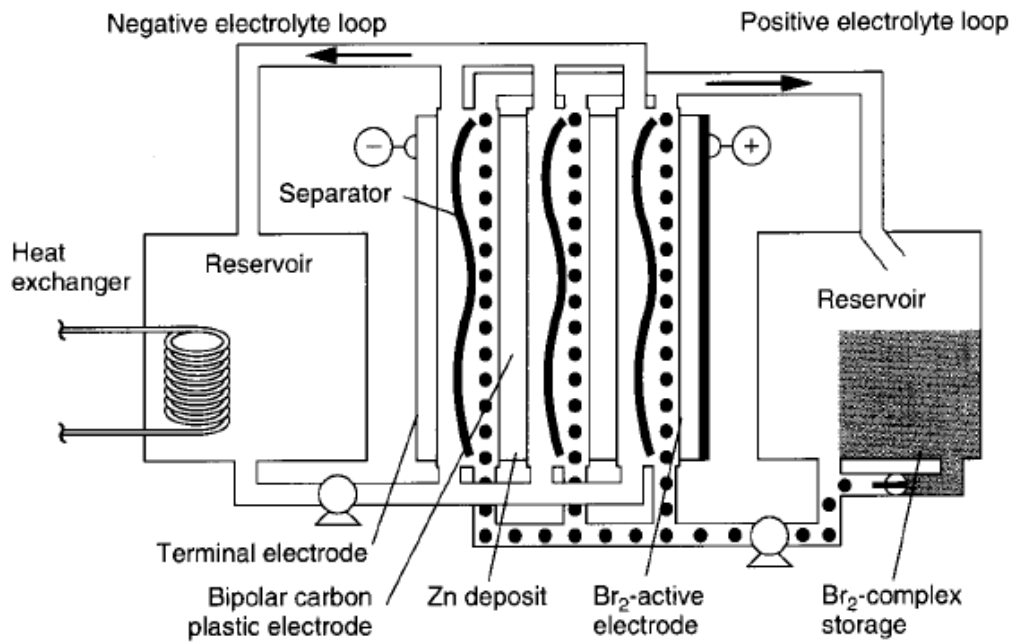


Figura A.4 Esquema módulo de 3 celdas Zn-Br (Cortesía de Exxon Research and Engineering Co. y Sandia National Laboratories.)

Cada celda está compuesta por 2 superficies de electrodo y es atravesada por 2 flujos de electrolito (catolito y anolito) separados por una membrana con microporos. Los dos electrolitos son soluciones acuosas de bromuro de zinc (ZnBr_2).

A.5.4. Conclusiones

Ventajas

- Buen nivel de energía específica
- Buena eficiencia energética
- Materiales fácilmente disponibles y de bajo coste
- Bajo impacto medioambiental
- Trabaja a temperatura ambiente
- Densidad de potencia adecuada para la mayoría de aplicaciones
- Capacidad de carga rápida
- No se daña al realizar descargas 100% DOD

Desventajas

- Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura



A.6. Baterías redox de Vanadio

Las baterías redox de vanadio, conocidas por sus siglas VRB (Vanadium Redox Battery), forman parte de las baterías de flujo redox, donde los electrolitos almacenados en tanques circulan a través de las celdas gracias a un sistema de bombeo.

Como característica destaca el hecho que los dos electrodos son de vanadio, evitando así la formación de dendritas o la contaminación por difusión a través de la membrana.

A.6.1. Características técnicas

Tensión nominal (V_{DC}): 1.25

Tensión en circuito abierto (V_{DC}): 1.4

Eficiencia (DC-a-DC): ~75

Temperatura de trabajo ($^{\circ}C$): 10 ~ 50

Energía específica (Wh/kg): ~10

Densidad de energía (Wh/L): ~10

Densidad de potencia: Moderada

Tasa de autodescarga (% por mes): 5 ~ 10

A.6.2. Vida Útil

DOD del 100% → ~3000 ciclos de carga-descarga

A.6.3. Construcción de la batería

Como en las baterías de Zinc-Bromo, este tipo de baterías también está compuesto por los siguientes subsistemas:

- Células apiladas
- Contenedores de electrolitos
- Sistemas de circulación y bombeo de electrolitos



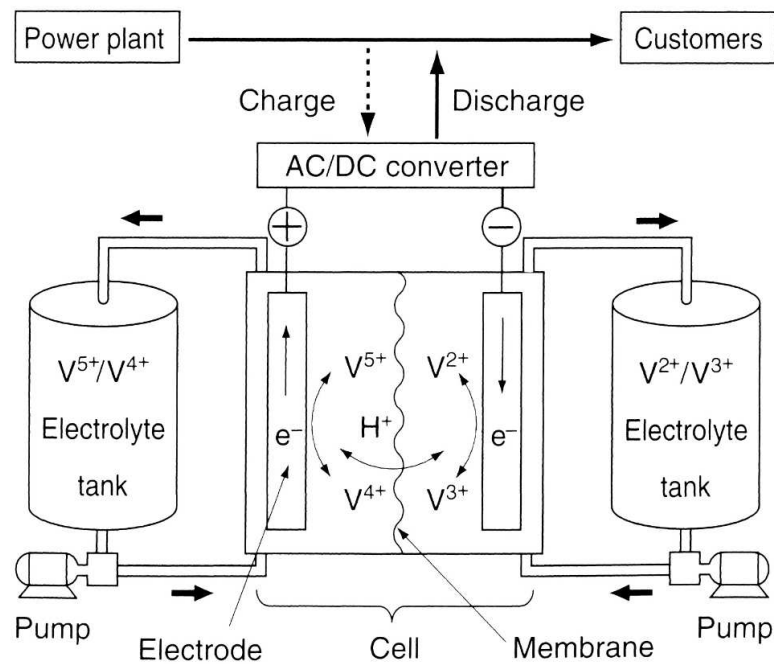


Figura A.5 Esquema módulo VRB compuesto por una única celda

A.6.4. Conclusiones

Ventajas

Capacidad sin límite al aumentar el tamaño de los tanques de electrolito

No se daña al realizar descargas 100% DOD

No se daña al permanecer descargada por largos periodos de tiempo

Puede ser cargada por simple sustitución del electrolito

No se daña si accidentalmente se mezclan los electrolitos

Trabaja a temperatura ambiente

Desventajas

Densidad de energía pobre

Energía específica pobre

Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura

El diseño del sistema debe asegurar la seguridad de todas las baterías



A.7. Tabla comparativa de baterías

	Vida útil	Temperatura de trabajo	Reciclabilidad Toxicidad	Energía específica [Wh/kg]	Precio (1 - 5)	Eficiencia	Capacidad gravimétrica [Ah/kg]	Tasa Autodescarga (% por mes)	Observaciones
VLA SLI	5-7 años 200-700 ciclos	-40 a 55	Contiene Plomo	35	1	75 a 85	17,5	2 a 3	Candidata Lead-Acid a corto plazo
VLA estacionarias	15-30 años	-10 a 40	Contiene Plomo	10 a 20	1	75 a 85	5 a 10	-	
VLA ciclo profundo	3-5 años 1500 ciclos	-20 a 40	Contiene Plomo	25	1	75 a 85	12,5	4 a 6	Toxicidad a considerar
NiCd Ventilada "Pocket Plate"	8-25 años 500-2000 ciclos	-20 a 45	Contiene Cadmio	20 a 27	3	60 a 70	16,5 a 22,5	5	
NiCd Sellada	2-5 años 300-700 ciclos	-40 a 45	Contiene Cadmio	35 a 60	2	60 a 70	29 a 50	15	
NiFe	8-25 años 2000-4000 ciclos	-10 a 45	-	50	3	65 a 85	41,5	20 a 40	Candidata Níquel a corto plazo
NiZn	500 ciclos	-10 a 50	-	50 a 60	3	65 a 85	33 a 40	<20	Vida útil corta
NiH ₂	1500-6000 ciclos	20 a 50	-	64 a 75	3	65 a 85	45,5 a 53,5	Muy alta excepto a alta T _a	Alta tasa de autodescarga
Ni-MH	2-5 años 500-1000 ciclos	-20 a 50	-	30 a 80	3	65 a 85	25 a 66,5	15 a 25	Alta tasa de autodescarga
NAS	Depende del DOD 1500-4500 ciclos	300 a 350	-	170	5	~89	85	-	Módulos prefabricados de grandes dimensiones
Ión de Litio	Depende del DOD 500-3000 ciclos	-20 a 50	Environment friendly	150 a 200	2	~89	45,5 a 60,5	2	Candidata óptima LiFePO ₄
Baterías de flujo Zn-Br	100%DOD 2000 ciclos	10 a 50	-	65 a 75	5	70 a 80	36 a 44,5	12 a 15	Requiere tanques y sistema de bombeo
Baterías redox de Vanadio	100%DOD 3000 ciclos	10 a 50	-	10 a 20	5	75	8 a 16	5 a 10	Requiere tanques y sistema de bombeo



B.Simulación en PSS/E

B.1.Modelado de transformadores

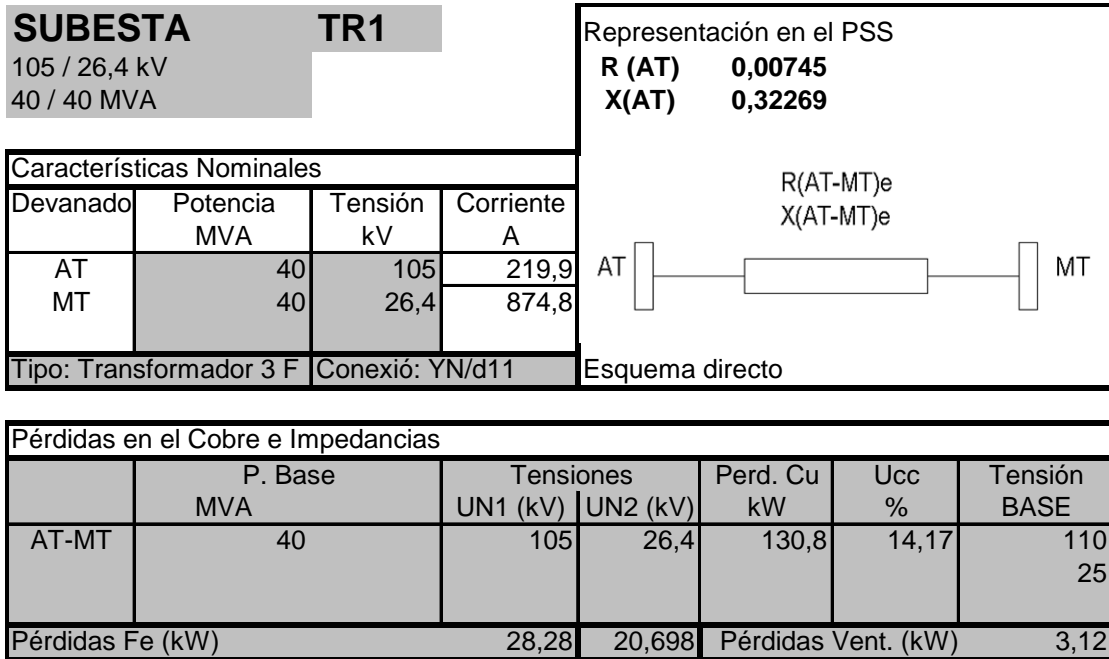


Figura B.1 Características del transformador situado en las subestaciones del tramo de red simulado



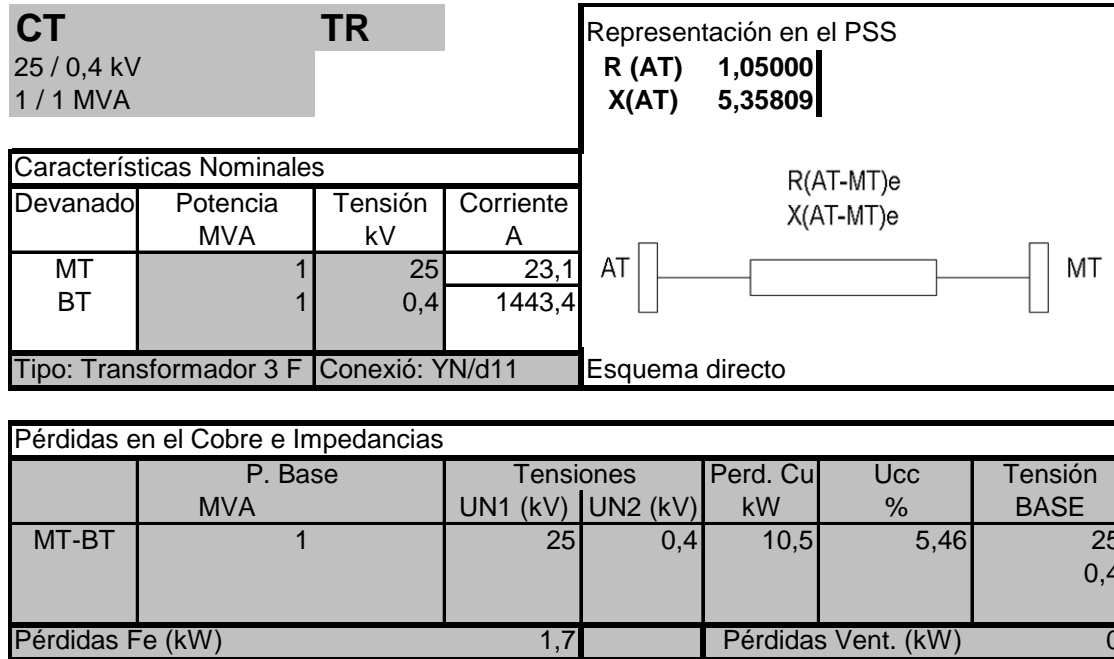


Figura B.2 Características del transformador situado en los centros de transformación del tramo de red simulado



FITXA TRANSFORMADOR

SUBESTA

TR1

105 / 26,4 kV
40 / 40 MVA

IDENTIFICACIÓ / DESCRIPCIÓ

DEPENDÈNCIA	SUBESTA TR1		
TRANSFORMADOR TRIFÀSIC DE	105 / 26,4 kV	40 / 40 MVA	Conexió: YN/d11
REFRIGERACIÓ	ONAF	Nota N°	ANY FABRICACIÓ
TIPUS	INTEMPERIE	CONSTRUCTOR	N° SERIE

CARACTERÍSTIQUES DE REGULACIÓ

COSTAT DE REGULACIÓ	AT	Neutras
N° POSICIONS DEL REGULADOR	27	1
POSICIÓ PRESA NEUTRA	14	
TENSIÓ PER PRESA (kV)	1,15385	

POSICIÓ PRESA	RATIO (tpu)	AT (kV)	Rt	MT (kV)	BT (kV)
1	1,03306	120,000	4,55	26,40	
2	1,02312	118,846	4,50	26,40	
3	1,01319	117,692	4,46	26,40	
4	1,00326	116,538	4,41	26,40	
5	0,99332	115,385	4,37	26,40	
6	0,98339	114,231	4,33	26,40	
7	0,97346	113,077	4,28	26,40	
8	0,96353	111,923	4,24	26,40	
9	0,95359	110,769	4,20	26,40	
10	0,94366	109,615	4,15	26,40	
11	0,93373	108,462	4,11	26,40	
12	0,92379	107,308	4,06	26,40	
13	0,91386	106,154	4,02	26,40	
14	0,90393	105,000	3,98	26,40	
15	0,89399	103,846	3,93	26,40	
16	0,88406	102,692	3,89	26,40	
17	0,87413	101,538	3,85	26,40	
18	0,86419	100,385	3,80	26,40	
19	0,85426	99,231	3,76	26,40	
20	0,84433	98,077	3,72	26,40	
21	0,83439	96,923	3,67	26,40	
22	0,82446	95,769	3,63	26,40	
23	0,81453	94,615	3,58	26,40	
24	0,80459	93,462	3,54	26,40	
25	0,79466	92,308	3,50	26,40	
26	0,78473	91,154	3,45	26,40	
27	0,77479	90,000	3,41	26,40	

CARACTERÍSTIQUES NOMINALS

ENROT- LLAMENT	POTÈNCIA MVA	TENSIÓ kV	CORRENT A
AT	40,00	105,00	219,94
MT	40,00	26,40	874,77
BT			

PERDUES EN EL COURE I IMPEDÀNCIES

CONCEPTE	AT - MT	AT - BT	MT - BT
POT. BASE	40,00		
UN1 (kV)	105,00		
UN2 (kV)	26,40		
PCU (kW)	130,80		
Ucc %	14,17		

PERDUES EN EL FERRO (kW)	28,28
PERDUES DE VENTILACIÓ (kW)	3,12

PARÀMETRES PSS/E

IDENT. PSS/E	VALORS BASE
NUS FROM	AT (kV)
NUS TO	110
CIRCUIT	
	MT (kV)
	25
	BT (kV)
	POT. (MVA)
	100

CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES (tpu)

UN1 (kV)	UN2 (kV)	R	X
105	26,4	0,00745	0,32269

IDENT. SISTEMÀTICA (tap)

REGULA:	SI
TOMA DEF.	5

Figura B.3 Ficha del transformador situado en las subestaciones del tramo de red simulado



**FICHA
TRANSFORMADOR**

MT/BT

TR

**25 / 0,4 kV
1 / 1 MVA**

IDENTIFICACIÓN / DESCRIPCIÓN

DEPENDENCIA	MT/BT	TR	
TRANSFORMADOR TRIFASICO	25 / 0,4 kV	1 / 1 MVA	
REFRIGERACIÓN	ON/AN	Nota N°	Año Fabricación
TIPO	INTEMPERIE	CONSTRUCTOR	CONSTRUCTOR
		Conexión: YN/d11	
		N° General	
		N° Serie	

CARACTERÍSTICAS DE REGULACIÓN

LADO DE REGULACIÓN	AT	Neutras
N° POSICIONES DEL REGULADOR	1	0
POSICIÓN TOMA NEUTRA	1	
TENSIÓN POR TOMA (kV)	0	

POSICIÓN TOMA	RATIO (tpu)	1° (kV)	Rt	2° (kV)
1	1,00000	25,000	62,50	0,40

CARACTERÍSTICAS NOMINALES

DEVANADO	POTENCIA MVA	TENSIÓN kV	AMPERES A
PRIMARIO	1,00	25,00	23,09
SECUNDARIO	1,00	0,40	1443,38

PÉRDIDAS EN EL COBRE E IMPEDANCIAS

CONCEPTO	1° - 2°
POT. BASE	1,00
UN1 (kV)	25,00
UN2 (kV)	0,40
PCU (kW)	10,50
Ucc %	5,46

PÉRDIDAS EN EL HIERRO (kW)	1,70
PÉRDIDAS DE VENTILACIÓN (kW)	0,00

PARÁMETROS PSS/E

IDENTIFICACIÓN PSS/E	Valores BASE		
NUDO FROM	1° (kV)		
NUDO TO	25		
CIRCUITO	2° (kV)		
	0,4		
TOMAS ESPECIFICAS (tpu)			
RMAX: 1,00000			
RMIN: 1,00000			
RNOM: 1,00000			
STEP: 0,00000			
STEP NTW.: 0,00000	POT. (MVA)		
	100		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (tpu)			
UN1 (kV)	UN2 (kV)	R	X
25	0,4	1,05000	5,35809
IDENT. SISTEMÁTICA (tap)			
REGULA:	NO		
TOMA DEF.	1		

Figura B.4 Ficha del transformador situado en los centros de transformación del tramo de red simulado



B.2. Simulación

Una vez definidos los modelos de la red y los transformadores a considerar, se han introducido dentro del modelo general de red para proceder a la simulación.

La siguiente imagen ilustra el aspecto de la pantalla del software, en este caso, del diagrama unifilar de las barras de media tensión de un centro de transformación.

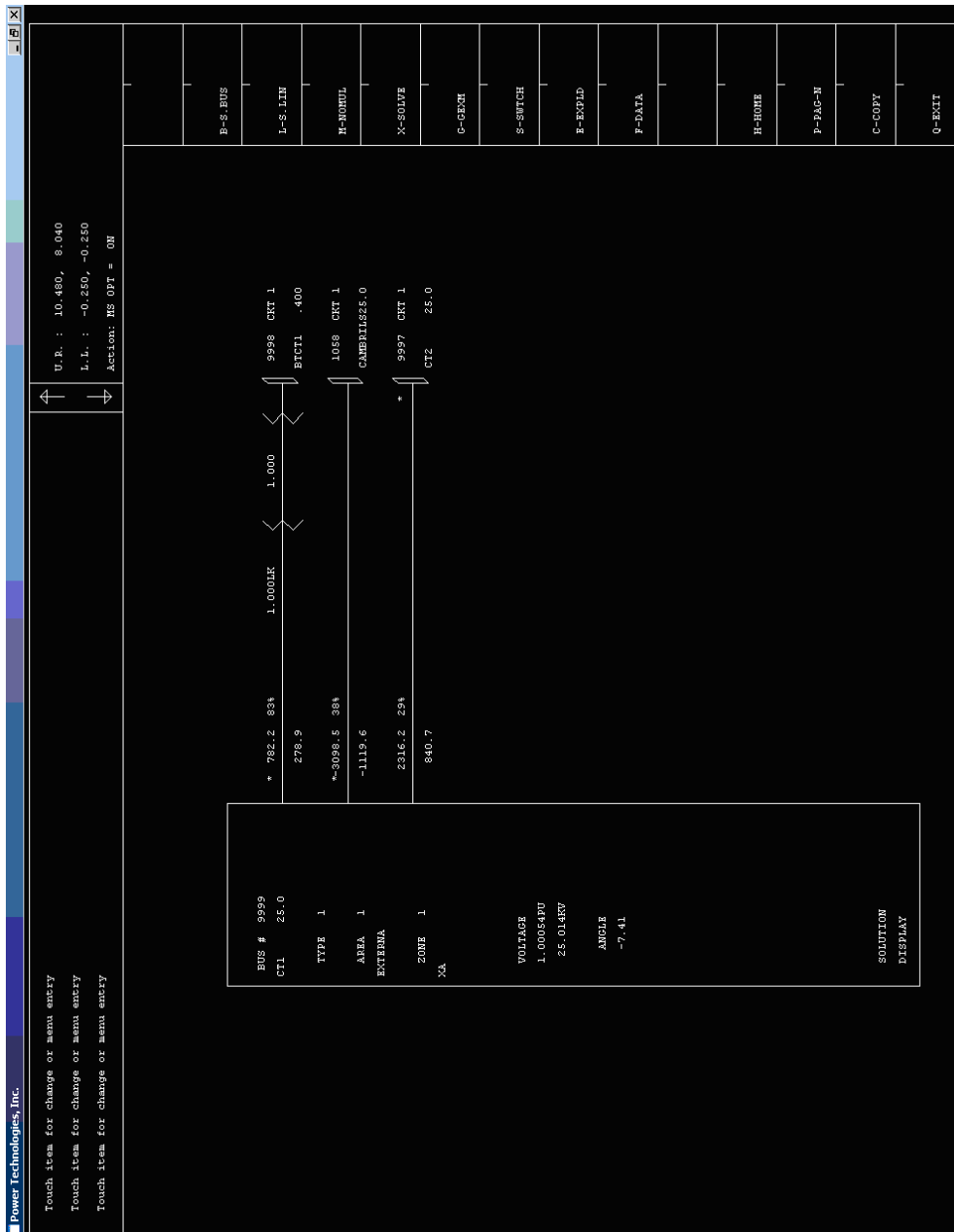


Figura B.5 Captura de pantalla del software de simulación PSS/E



A continuación, se han introducido en el programa los datos de entrada considerando los diferentes escenarios que se han contemplado de antemano.

Se especifica como penetración el porcentaje de domicilios que disponen de un módulo de alisamiento sobre el total de clientes que dependen de cada centro de transformación.

ESTUDIO DE CARGAS

Zona horaria Valle				
	Caso Base		Penetración 5%	
	P	Q	P	Q
CT1	400	125	450	141
CT2	380	119	410	128
CT3	390	122	420	131
CT4	420	131	470	147
TOTAL	1590	496	1750	546
	Penetración 20%		Penetración 50%	
	P	Q	P	Q
CT1	465	145	550	172
CT2	440	137	520	162
CT3	450	141	535	167
CT4	480	150	570	178
TOTAL	1835	573	2175	679

Zona horaria Punta				
	Caso Base		Penetración 5%	
	P	Q	P	Q
CT1	860	269	850	265
CT2	840	262	810	253
CT3	850	265	820	256
CT4	880	275	860	269
TOTAL	3430	1071	3340	1043
	Penetración 20%		Penetración 50%	
	P	Q	P	Q
CT1	820	256	775	242
CT2	800	250	730	228
CT3	810	253	740	231
CT4	840	262	800	250
TOTAL	3270	1021	3045	951

Tabla B.1 Estudio de las cargas correspondientes a los centros de transformación del tramo de red a simular

Una vez introducidos los datos, se ha realizado la simulación utilizando el método de convergencia Full Newton-Raphson que ofrece el software PSS/E. Los datos de salida de la simulación se adjuntan en el apéndice B.



ESTUDIO DE PÉRDIDAS (valores en kW)

Zona horaria Valle

Penetración	Carga en clientes (kW)	Tramo 1	CT-1	Tramo 2	CT-2	Tramo 3	CT-3	Tramo 4	CT-4	TOTAL	ΔP
0%	1590	7,29	1,85	4,1	1,68	1,9	1,78	0,51	2,08	21,19	0
5%	1750	8,88	2,36	4,91	1,97	2,31	2,08	0,65	2,62	25,78	4,59
20%	1835	9,78	2,52	5,47	2,27	2,53	2,4	0,68	2,74	28,39	7,2
50%	2175	13,9	3,56	7,79	3,21	3,62	3,43	0,97	3,91	40,39	19,2

Zona horaria Punta

Penetración	Carga en clientes (kW)	Tramo 1	CT-1	Tramo 2	CT-2	Tramo 3	CT-3	Tramo 4	CT-4	TOTAL	ΔP
0%	3430	36,14	9	20,44	8,74	9,32	9,07	2,42	9,82	104,95	0
5%	3340	34,15	8,77	19,12	8,1	8,76	8,41	2,31	9,34	98,96	5,99
20%	3270	32,65	8,14	18,46	7,89	8,42	8,19	2,19	8,88	94,82	10,13
50%	3045	28,09	7,23	15,71	6,51	7,27	6,77	1,97	7,99	81,54	23,41

Tabla B.2 Estudio de las pérdidas correspondientes a los centros de transformación resultado de la simulación



Tramo 1: tramo comprendido entre los nodos #1058 y #9999

Tramo 2: tramo comprendido entre los nodos #9999 y #9997

Tramo 3: tramo comprendido entre los nodos #9997 y #9995

Tramo 4: tramo comprendido entre los nodos #9995 y #9993

CT-1: centro de transformación comprendido entre los nodos #9999 y #9998

CT-2: centro de transformación comprendido entre los nodos #9997 y #9996

CT-3: centro de transformación comprendido entre los nodos #9995 y #9994

CT-4: centro de transformación comprendido entre los nodos #9993 y #9992

B.2.1. Datos de salida de la simulación

A continuación se incluyen los datos de salida de la simulación realizada mediante el software PSS®E.



ESCAMARIO VALLE 1.590 MW SIN APORTACION DE SISTEMAS AUTÓMOMOS

BUS BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9979	PU	-8.10	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]	
									0.3991	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					400.0	125.0	419.1											
TO CT1	25.0	9999	1	1	-400.0	-125.0	419.0	42	1.0000	00N		EXTERNA	1	XA	1.85		9.45	
BUS BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9943	PU	-8.15	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]	
									0.3977	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					380.0	119.0	398.2											
TO CT2	25.0	9997	1	1	-379.9	-119.0	398.1	40	1.0000	00N		EXTERNA	1	XA	1.68		8.59	
BUS BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9913	PU	-8.26	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]	
									0.3965	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					390.0	122.0	408.6											
TO CT3	25.0	9995	1	1	-390.0	-122.0	408.6	41	1.0000	00N		EXTERNA	1	XA	1.78		9.10	
BUS BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9890	PU	-8.39	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]	
									0.3956	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					420.0	131.0	440.0											
TO CT4	25.0	9993	1	1	-419.9	-130.9	439.8	44	1.0000	00N		EXTERNA	1	XA	2.08		10.60	
BUS SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0144	PU	-6.82	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]	
									25.360	KV		INTERNA	3	TA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					18267.0	5655.0	19122.3											
TO SWITCHED SHUNT					0.0	-6173.9	6173.9											
TO SUBESTA	110	1060	2	1	-19878.1	-28.3	19878.1	49	0.9635	00N		INTERNA	3	TA	28.61		1239.15	
TO CT1	25.0	9999	1	1	1611.1	547.3	1701.5	20				EXTERNA	1	XA	7.29		6.76	
BUS CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0090	PU	-6.95	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]	
									25.225	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT1	.400	9998	1	1	401.8	134.4	423.7	42	1.0000	01K		EXTERNA	1	XA	1.85		9.45	
TO SUBESTA	25.0	1058	2	1	-1603.8	-540.5	1692.5	20				INTERNA	3	TA	7.29		6.76	
TO CT2	25.0	9997	1	1	1202.0	406.1	1268.7	15				EXTERNA	1	XA	4.10		3.80	
BUS CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0049	PU	-7.06	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]	
									25.123	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT2	.400	9996	1	1	381.6	127.6	402.4	40	1.0000	01K		EXTERNA	1	XA	1.68		8.59	
TO CT1	25.0	9999	1	1	-1197.9	-402.3	1263.6	15				EXTERNA	1	XA	4.10		3.80	
TO CT3	25.0	9995	1	1	816.2	274.8	861.2	10				EXTERNA	1	XA	1.90		1.77	
BUS CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0022	PU	-7.13	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]	
									25.054	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT3	.400	9994	1	1	391.7	131.1	413.1	41	1.0000	01K		EXTERNA	1	XA	1.78		9.10	
TO CT2	25.0	9997	1	1	-814.3	-273.0	858.9	10				EXTERNA	1	XA	1.90		1.77	
TO CT4	25.0	9993	1	1	422.6	142.0	445.8	5				EXTERNA	1	XA	0.51		0.48	
BUS CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0007	PU	-7.16	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]	
									25.018	KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT4	.400	9992	1	1	421.9	141.5	445.0	44	1.0000	01K		EXTERNA	1	XA	2.08		10.60	
TO CT3	25.0	9995	1	1	-422.0	-141.5	445.1	5				EXTERNA	1	XA	0.51		0.48	



ESCENARIO VALLE 3.430 MW SIN APORTACION DE SISTEMAS AUTÓNOMOS

BUS BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9731	PU	-10.08	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					860.0	269.0	901.1											
TO CT1	25.0	9999	1	1	-860.0	-269.0	901.0	93	1.0000	0UN		EXTERNA	1	XA	9.00	45.94		
BUS BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9643	PU	-10.29	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					840.0	262.0	879.9											
TO CT2	25.0	9997	1	1	-839.9	-262.0	879.8	91	1.0000	0UN		EXTERNA	1	XA	8.74	44.60		
BUS BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9577	PU	-10.50	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					850.0	265.0	890.4											
TO CT3	25.0	9995	1	1	-849.9	-265.0	890.3	93	1.0000	0UN		EXTERNA	1	XA	9.07	46.30		
BUS BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9534	PU	-10.69	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					880.0	275.0	922.0											
TO CT4	25.0	9993	1	1	-879.9	-275.0	921.9	97	1.0000	0UN		EXTERNA	1	XA	9.82	50.09		
BUS SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0104	PU	-7.24	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]	
												INTERNA	3	TA	LOSS	KW	KVAR	
TO LOAD-PQ					18267.0	5655.0	19122.3											
TO SWITCHED SHUNT					0.0	-6124.9	6124.9											
TO SUBESTA	110	1060	2	1	-21801.8	-851.2	21818.4	54	0.9635	5UN		INTERNA	3	TA	34.74	1504.82		
TO CT1	25.0	9999	1	1	3534.9	1321.1	3773.7	43				EXTERNA	1	XA	36.14	33.53		
BUS CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9982	PU	-7.53	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT1	.400	9998	1	1	869.0	314.9	924.3	93	1.0000	0LK		EXTERNA	1	XA	9.00	45.94		
TO SUBESTA	25.0	1058	2	1	-3498.7	-1287.6	3728.1	43				INTERNA	3	TA	36.14	33.53		
TO CT2	25.0	9997	1	1	2629.7	972.7	2803.9	33				EXTERNA	1	XA	20.44	18.96		
BUS CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9890	PU	-7.75	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT2	.400	9996	1	1	848.7	306.6	902.3	91	1.0000	0LK		EXTERNA	1	XA	8.74	44.60		
TO CT1	25.0	9999	1	1	-2609.3	-953.7	2778.1	33				EXTERNA	1	XA	20.44	18.96		
TO CT3	25.0	9995	1	1	1760.6	647.2	1875.7	22				EXTERNA	1	XA	9.32	8.64		
BUS CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9828	PU	-7.90	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT3	.400	9994	1	1	859.0	311.3	913.6	93	1.0000	0LK		EXTERNA	1	XA	9.07	46.30		
TO CT2	25.0	9997	1	1	-1751.3	-638.5	1864.0	22				EXTERNA	1	XA	9.32	8.64		
TO CT4	25.0	9993	1	1	892.2	327.3	950.3	11				EXTERNA	1	XA	2.42	2.25		
BUS CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9797	PU	-7.98	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]	
												EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR	
TO BTCT4	.400	9992	1	1	889.7	325.1	947.2	97	1.0000	0LK		EXTERNA	1	XA	9.82	50.09		
TO CT3	25.0	9995	1	1	-889.8	-325.0	947.3	11				EXTERNA	1	XA	2.42	2.25		



ESCENARIO 1. 750 MW CON UNA APORTACIÓN DEL 5% DE SISTEMAS AUTÓNOMOS																	
BUS	BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9955PU	-8.29	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]
TO	LOAD-PQ									0.3982KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT1	25.0	9999	1	1	-450.0	-141.0	471.6	47	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	2.36	12.02	
BUS	BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9922PU	-8.30	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]
	TO LOAD-PQ									0.3969KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT2	25.0	9997	1	1	-410.0	-128.0	429.5	43	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	1.97	10.04	
BUS	BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9888PU	-8.42	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]
	TO LOAD-PQ									0.3955KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT3	25.0	9995	1	1	-420.0	-131.0	440.0	44	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	2.08	10.61	
BUS	BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9857PU	-8.61	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]
	TO LOAD-PQ									0.3943KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT4	25.0	9993	1	1	-470.0	-147.0	492.5	50	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	2.62	13.37	
BUS	SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0141PU	-6.85	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]
	TO LOAD-PQ									25.352KV		INTERNA	3	TA	LOSS	KW	KVAR
	TO SWITCHED SHUNT					18267.0	5655.0	19122.3									
	TO SUBESTA	110	1060	2	1	-20042.8	-93.6	20043.0	49	0.9635UN		INTERNA	3	TA	29.10	1260.59	
	TO CT1	25.0	9999	1	1	1775.8	608.6	1877.2	22			EXTERNA	1	XA	8.88	8.23	
BUS	CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0081PU	-7.00	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]
	TO BTCT1	.400	9998	1	1	452.4	153.0	477.5	47	1.0000LK		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO SUBESTA	25.0	1058	2	1	-1766.9	-600.3	1866.1	22			EXTERNA	1	XA	2.36	12.02	
	TO CT2	25.0	9997	1	1	1314.5	447.3	1388.6	16			INTERNA	3	TA	8.88	8.23	
BUS	CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0037PU	-7.12	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]
	TO BTCT2	.400	9996	1	1	412.0	138.0	434.5	43	1.0000LK		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT1	25.0	9999	1	1	-1309.6	-442.8	1382.4	16			EXTERNA	1	XA	1.97	10.04	
	TO CT3	25.0	9995	1	1	897.7	304.7	948.0	11			EXTERNA	1	XA	4.91	4.56	
BUS	CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0006PU	-7.19	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]
	TO BTCT3	.400	9994	1	1	422.1	141.6	445.2	44	1.0000LK		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT2	25.0	9997	1	1	-895.3	-302.6	945.1	11			EXTERNA	1	XA	2.08	10.61	
	TO CT4	25.0	9993	1	1	473.3	161.0	499.9	6			EXTERNA	1	XA	2.31	2.14	
BUS	CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9990PU	-7.23	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]
	TO BTCT4	.400	9992	1	1	472.6	160.4	499.1	50	1.0000LK		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT3	25.0	9995	1	1	-472.6	-160.4	499.1	6			EXTERNA	1	XA	2.62	13.37	
												EXTERNA	1	XA	0.65	0.60	



ESCENARIO 2.175 MW CON UNA APORTACIÓN DEL 50% DE SISTEMAS AUTÓNOMOS															
BUS	BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9902PU	-8.73	X-AREA-X	X---ZONE---	9998 [BTCT1	.400]
TO	LOAD-PQ	25.0	9999	1	1	550.0	172.0	576.3	0.3961KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT1	25.0	9999	1	1	-550.0	-172.0	576.3	58	1.0000UM		EXTERNA	1	3.56	18.15
BUS	BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9854PU	-8.80	X-AREA-X	X---ZONE---	9996 [BTCT2	.400]
TO	LOAD-PQ	25.0	9997	1	1	520.0	162.0	544.7	0.3942KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT2	25.0	9997	1	1	-520.0	-162.0	544.6	55	1.0000UM		EXTERNA	1	3.21	16.37
BUS	BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9810PU	-8.95	X-AREA-X	X---ZONE---	9994 [BTCT3	.400]
TO	LOAD-PQ	25.0	9995	1	1	535.0	167.0	560.5	0.3924KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT3	25.0	9995	1	1	-535.0	-167.0	560.5	57	1.0000UM		EXTERNA	1	3.43	17.49
BUS	BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9780PU	-9.11	X-AREA-X	X---ZONE---	9992 [BTCT4	.400]
TO	LOAD-PQ	25.0	9993	1	1	570.0	178.0	597.1	0.3912KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT4	25.0	9993	1	1	-570.0	-178.0	597.1	61	1.0000UM		EXTERNA	1	3.91	19.98
BUS	SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0132PU	-6.95	X-AREA-X	X---ZONE---	1058 [SUBESTA	25.0]
TO	LOAD-PQ	25.0	9999	2	2	18267.0	5655.0	19122.3	25.330KV			INTERNA	3	LOSS KW	KVAR
TO	SWITCHED SHUNT					0.0	-6159.4	6159.4				INTERNA	3	30.45	1318.98
TO	SUBESTA	110	1060	2	1	-20482.4	-271.0	20484.2	51	0.9635UM		EXTERNA	1	13.90	12.90
TO	CT1	25.0	9999	1	1	2215.4	775.4	2347.2	27			EXTERNA	1	7.79	3.62
BUS	CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0057PU	-7.13	X-AREA-X	X---ZONE---	9999 [CT1	25.0]
TO	BTCT1	.400	9998	1	1	553.6	190.1	585.3	25.142KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	SUBESTA	25.0	1058	2	1	-2201.5	-762.5	2329.8	58	1.0000UM		EXTERNA	1	3.56	18.15
TO	CT2	25.0	9997	1	1	1647.9	572.3	1744.5	27			EXTERNA	3	13.90	12.90
BUS	CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0001PU	-7.28	X-AREA-X	X---ZONE---	9997 [CT2	25.0]
TO	BTCT2	.400	9996	1	1	523.2	178.4	552.8	25.002KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT1	25.0	9999	1	1	-1640.1	-565.1	1734.7	55	1.0000UM		EXTERNA	1	3.21	16.37
TO	CT3	25.0	9995	1	1	1116.9	386.7	1182.0	20			EXTERNA	1	7.79	3.62
BUS	CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9963PU	-7.37	X-AREA-X	X---ZONE---	9995 [CT3	25.0]
TO	BTCT3	.400	9994	1	1	538.4	184.5	569.2	24.907KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT2	25.0	9997	1	1	-1113.3	-383.4	1177.5	57	1.0000UM		EXTERNA	1	3.43	17.49
TO	CT4	25.0	9993	1	1	574.9	198.9	608.3	14			EXTERNA	1	3.62	3.36
BUS	CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9943PU	-7.42	X-AREA-X	X---ZONE---	9993 [CT4	25.0]
TO	BTCT4	.400	9992	1	1	573.9	198.0	607.1	24.857KV			EXTERNA	1	LOSS KW	KVAR
TO	CT3	25.0	9995	1	1	-573.9	-198.0	607.1	61	1.0000UM		EXTERNA	1	3.91	19.98
									7			EXTERNA	1	0.97	0.90



ESCEMARIO 3. 340 MW CON UNA APORTACION DEL 5% DE SISTEMAS AUTÓMOMOS																
BUS BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9740PU	-10.02	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]
TO LOAD-PQ									0.3896KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT1	25.0	9999	1	1	850.0	265.0	890.4				EXTERNA	1	XA	8.77	44.77	
BUS BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9661PU	-10.15	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]
TO LOAD-PQ									0.3865KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT2	25.0	9997	1	1	810.0	253.0	848.6				EXTERNA	1	XA	8.10	41.33	
BUS BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9597PU	-10.36	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]
TO LOAD-PQ									0.3839KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT3	25.0	9995	1	1	820.0	256.0	859.0				EXTERNA	1	XA	8.41	42.93	
BUS BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9552PU	-10.58	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]
TO LOAD-PQ									0.3821KV		EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT4	25.0	9993	1	1	860.0	269.0	901.1				EXTERNA	1	XA	9.34	47.68	
BUS SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0106PU	-7.22	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]
TO LOAD-PQ									25.264KV		INTERNA	3	TA	LOSS	KW	KVAR
TO SWITCHED SHUNT					18267.0	5655.0	19122.3									
TO SUBESTA	110	1060	2	1	0.0	-6127.5	6127.5				INTERNA	3	TA	34.42	1490.76	
TO CT1	25.0	9999	1	1	-21705.9	-806.8	21720.9				EXTERNA	1	XA	34.15	31.68	
BUS CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9987PU	-7.50	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]
TO BTCT1	.400	9998	1	1	858.8	309.8	912.9				EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO SUBESTA	25.0	1058	2	1	-3404.8	-1247.7	3626.2				EXTERNA	1	XA	8.77	44.77	
TO CT2	25.0	9997	1	1	2546.0	937.9	2713.3				INTERNA	3	TA	34.15	31.68	
BUS CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9899PU	-7.71	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]
TO BTCT2	.400	9996	1	1	818.1	294.3	869.4				EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT1	25.0	9999	1	1	-2526.9	-920.2	2689.2				EXTERNA	1	XA	8.10	41.33	
TO CT3	25.0	9995	1	1	1708.8	625.8	1819.8				EXTERNA	1	XA	19.12	17.74	
BUS CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9839PU	-7.86	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]
TO BTCT3	.400	9994	1	1	828.4	298.9	880.7				EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT2	25.0	9997	1	1	-1700.0	-617.7	1808.8				EXTERNA	1	XA	8.41	42.93	
TO CT4	25.0	9993	1	1	871.6	318.8	928.1				EXTERNA	1	XA	8.76	8.12	
BUS CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9808PU	-7.93	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]
TO BTCT4	.400	9992	1	1	869.3	316.7	925.2				EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
TO CT3	25.0	9995	1	1	-869.3	-316.7	925.2				EXTERNA	1	XA	9.34	47.68	
											EXTERNA	1	XA	2.31	2.14	



ESCENARIO 3.270 MW CON UNA APORTACIÓN DEL 20% DE SISTEMAS AUTÓNOMOS																	
BUS	BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9754PU	-9.90	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]
TO	LOAD-PQ	25.0	9999	1	1	820.0	256.0	859.0	88	1.0000UN	0.3901KV	EXTERNA	1	XA	LOSS	KW	KVAR
	TO CT1	25.0	9999	1	1	-820.0	-256.0	859.0	88	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	8.14	41.56	
	BUS BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9671PU</td> <td>-10.09</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9996</td> <td>[BTCT2</td> <td>.400]</td>	%I	0.9671PU	-10.09	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]
	TO LOAD-PQ	25.0	9997	1	1	800.0	250.0	838.2	87	1.0000UN	0.3868KV	EXTERNA	1	XA	7.89	40.25	
	TO CT2	25.0	9997	1	1	-800.0	-250.0	838.2	87	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	7.89	40.25	
	BUS BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9607PU</td> <td>-10.30</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9994</td> <td>[BTCT3</td> <td>.400]</td>	%I	0.9607PU	-10.30	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]
	TO LOAD-PQ	25.0	9995	1	1	810.0	253.0	848.6	88	1.0000UN	0.3843KV	EXTERNA	1	XA	8.19	41.80	
	TO CT3	25.0	9995	1	1	-810.0	-253.0	848.6	88	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	8.19	41.80	
	BUS BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9567PU</td> <td>-10.48</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9992</td> <td>[BTCT4</td> <td>.400]</td>	%I	0.9567PU	-10.48	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]
	TO LOAD-PQ	25.0	9993	1	1	840.0	262.0	879.9	92	1.0000UN	0.3827KV	EXTERNA	1	XA	8.88	45.32	
	TO CT4	25.0	9993	1	1	-840.0	-262.0	879.9	92	1.0000UN		EXTERNA	1	XA	8.88	45.32	
	BUS SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>1.0107PU</td> <td>-7.20</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>1058</td> <td>[SUBESTA</td> <td>25.0]</td>	%I	1.0107PU	-7.20	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]
	TO LOAD-PQ	25.0	9999	1	2	18267.0	5655.0	19122.3		25.268KV		INTERNA	3	TA	1058	[SUBESTA	25.0]
	TO SWITCHED SHUNT	110	1060	2	1	0.0	-6129.5	6129.5	54	0.9635UN		INTERNA	3	TA	34.17	1479.96	
	TO CT1	25.0	9999	1	1	-21631.8	-772.7	21645.6	54	0.9635UN		EXTERNA	1	XA	32.65	30.29	
	BUS CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9992PU</td> <td>-7.48</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9999</td> <td>[CT1</td> <td>25.0]</td>	%I	0.9992PU	-7.48	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]
	TO BTCT1	.400	9998	1	1	828.1	297.6	880.0	88	1.0000LK	24.979KV	EXTERNA	1	XA	8.14	41.56	
	TO SUBESTA	25.0	1058	2	1	-3332.2	-1216.9	3547.4	41			INTERNA	3	TA	32.65	30.29	
	TO CT2	25.0	9997	1	1	2504.0	919.4	2667.5	31			EXTERNA	1	XA	18.46	17.13	
	BUS CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9905PU</td> <td>-7.69</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9997</td> <td>[CT2</td> <td>25.0]</td>	%I	0.9905PU	-7.69	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]
	TO BTCT2	.400	9996	1	1	807.9	290.2	858.4	87	1.0000LK	24.762KV	EXTERNA	1	XA	7.89	40.25	
	TO CT1	25.0	9999	1	1	-2485.6	-902.2	2644.3	31			EXTERNA	1	XA	18.46	17.13	
	TO CT3	25.0	9995	1	1	1677.7	612.0	1785.8	21			EXTERNA	1	XA	8.42	7.81	
	BUS CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9846PU</td> <td>-7.83</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9995</td> <td>[CT3</td> <td>25.0]</td>	%I	0.9846PU	-7.83	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]
	TO BTCT3	.400	9994	1	1	818.2	294.8	869.7	88	1.0000LK	24.615KV	EXTERNA	1	XA	8.19	41.80	
	TO CT2	25.0	9997	1	1	-1669.3	-604.2	1775.2	21			EXTERNA	1	XA	8.42	7.81	
	TO CT4	25.0	9993	1	1	851.1	309.4	905.6	11			EXTERNA	1	XA	2.19	2.03	
	BUS CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA <td>%I</td> <td>0.9816PU</td> <td>-7.90</td> <td>X-AREA-X</td> <td>X---ZONE---</td> <td>X</td> <td>9993</td> <td>[CT4</td> <td>25.0]</td>	%I	0.9816PU	-7.90	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]
	TO BTCT4	.400	9992	1	1	848.9	307.3	902.8	92	1.0000LK	24.540KV	EXTERNA	1	XA	8.88	45.32	
	TO CT3	25.0	9995	1	1	-848.9	-307.3	902.8	11			EXTERNA	1	XA	2.19	2.03	



ESCENARIO 3.045 MW CON UNA APORTACIÓN DEL 50% DE SISTEMAS AUTÓNOMOS																					
BUS	BTCT1	.400	9998	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9782PU	-9.69	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9998	[BTCT1	.400]	LOSS	KW	KVAR	
TO	LOAD-PQ				1	775.0	242.0	811.9		0.3913KV		EXTERNA	1	XA							
TO	CT1	25.0	9999	1	1	-775.0	-242.0	811.9	83	1.0000UM		EXTERNA	1	XA					7.23	36.91	
BUS	BTCT2	.400	9996	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9713PU	-9.78	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9996	[BTCT2	.400]	LOSS	KW	KVAR	
TO	LOAD-PQ				1	730.0	228.0	764.8		0.3885KV		EXTERNA	1	XA							
TO	CT2	25.0	9997	1	1	-730.0	-228.0	764.8	79	1.0000UM		EXTERNA	1	XA					6.51	33.21	
BUS	BTCT3	.400	9994	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9655PU	-9.97	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9994	[BTCT3	.400]	LOSS	KW	KVAR	
TO	LOAD-PQ				1	740.0	231.0	775.2		0.3862KV		EXTERNA	1	XA							
TO	CT3	25.0	9995	1	1	-740.0	-231.0	775.2	80	1.0000UM		EXTERNA	1	XA					6.77	34.54	
BUS	BTCT4	.400	9992	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9607PU	-10.24	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9992	[BTCT4	.400]	LOSS	KW	KVAR	
TO	LOAD-PQ				1	800.0	250.0	838.2		0.3843KV		EXTERNA	1	XA							
TO	CT4	25.0	9993	1	1	-800.0	-250.0	838.2	87	1.0000UM		EXTERNA	1	XA					7.99	40.79	
BUS	SUBESTA	25.0	1058	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0113PU	-7.15	X-AREA-X	X---ZONE---	X	1058	[SUBESTA	25.0]	LOSS	KW	KVAR	
TO	LOAD-PQ				2	18267.0	5655.0	19122.3		25.282KV		INTERNA	3	TA							
TO	SWITCHED SHUNT					0.0	-6135.9	6135.9													
TO	SUBESTA	110	1060	2	1	-21393.5	-664.7	21403.9	53	0.9635UM		INTERNA	3	TA					33.37	1445.58	
TO	CT1	25.0	9999	1	1	3126.5	1145.7	3329.8	38			EXTERNA	1	XA					28.09	26.06	
BUS	CT1	25.0	9999	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	1.0005PU	-7.41	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9999	[CT1	25.0]	LOSS	KW	KVAR	
TO	BTCT1	.400	9998	1	1	782.2	278.9	830.5	83	1.0000LK		EXTERNA	1	XA					7.23	36.91	
TO	SUBESTA	25.0	1058	2	1	-3098.5	-1119.6	3294.5	38			INTERNA	3	TA					28.09	26.06	
TO	CT2	25.0	9997	1	1	2316.2	840.7	2464.1	29			EXTERNA	1	XA					15.71	14.58	
BUS	CT2	25.0	9997	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9925PU	-7.60	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9997	[CT2	25.0]	LOSS	KW	KVAR	
TO	BTCT2	.400	9996	1	1	736.5	261.2	781.5	79	1.0000LK		EXTERNA	1	XA					6.51	33.21	
TO	CT1	25.0	9999	1	1	-2300.5	-826.1	2444.3	29			EXTERNA	1	XA					15.71	14.58	
TO	CT3	25.0	9995	1	1	1564.0	564.9	1662.9	19			EXTERNA	1	XA					7.27	6.75	
BUS	CT3	25.0	9995	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9871PU	-7.74	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9995	[CT3	25.0]	LOSS	KW	KVAR	
TO	BTCT3	.400	9994	1	1	746.8	265.5	792.6	80	1.0000LK		EXTERNA	1	XA					6.77	34.54	
TO	CT2	25.0	9997	1	1	-1556.7	-558.2	1653.8	19			EXTERNA	1	XA					7.27	6.75	
TO	CT4	25.0	9993	1	1	810.0	292.6	861.2	10			EXTERNA	1	XA					1.97	1.83	
BUS	CT4	25.0	9993	AREA	CKT	KW	KVAR	KVA	%I	0.9842PU	-7.81	X-AREA-X	X---ZONE---	X	9993	[CT4	25.0]	LOSS	KW	KVAR	
TO	BTCT4	.400	9992	1	1	808.0	290.8	858.7	87	1.0000LK		EXTERNA	1	XA					7.99	40.79	
TO	CT3	25.0	9995	1	1	-808.0	-290.8	858.7	10			EXTERNA	1	XA					1.97	1.83	

